

УДК 504.1(571.56)

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ВЕРХОЯНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)



А. Н. ГОРОХОВ,
главный научный сотрудник,
канд. биол. наук,
algor64@mail.ru



В. В. ИВАНОВ,
главный научный сотрудник,
канд. техн. наук



З. А. КУДИНОВА,
младший научный
сотрудник



А. А. ПЕТРОВ,
старший научный сотрудник,
канд. биол. наук

Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера
Северо-Восточного федерального университета
им. М. К. Аммосова, Якутск, Россия

Введение

Проблемы экологической безопасности Севера требуют разностороннего изучения возможных изменений в природных комплексах [1, 2]. В условиях криолитозоны не всегда удается контролировать и предугадать развитие опасных природных явлений, связанных с реакцией многолетнемерзлых пород (ММП) на изменения устоявшегося температурного режима в результате добычи полезных ископаемых. Наблюдаются некоторые признаки того, что ММП начали таять и в некоторых ненарушенных местах [3].

При этом на фоне других сопутствующих добыче воздействий происходит переформирование природного комплекса от одного вида к другому [4, 5]. Наиболее интенсивное воздействие на природные комплексы наблюдается на участках ведения горных работ. Специфику этих комплексов определяют здесь главным образом геологические условия месторождения, технология разработок и зонально-климатические особенности. В ходе хозяйственного освоения территории природные ландшафты испытывают значительные изменения: природные геосистемы сменяются природно-антропогенными. Последствием данного процесса является значительное снижение средообразующих функций ландшафтов. Последние можно рассматривать как оказывающие

Приведены результаты обследования природных комплексов Верхоянского района Якутии и в зонах влияния горных работ. Выявлены экологические последствия антропогенного преобразования ландшафтов.

Ключевые слова: природные комплексы, ландшафт, ландшафтная структура, ландшафтная карта, природопользование, недропользование, горные разработки, нарушенные участки, воздействие на экосистемы, хвостохранилище.

DOI: dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.09.22

людям экосистемные услуги (качество воздуха, местный, региональный и глобальный климат, круговорот воды и т. д.) [6, 7].

В программном документе «Схема комплексного развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики Саха (Якутия) до 2020 года» предусмотрено развитие в Якутии четырех зон опережающего экономического роста: Южная, Западная, Центральная и новый промышленный район — Северо-Восточная Якутия. В Схеме обоснована пространственная и отраслевая диверсификация экономики, повышение ее устойчивости и эффективности при реализации крупных инвестиционных проектов в этих зонах. Северо-Восточную Якутию планируется превратить в зону добычи цветных и редкоземельных металлов, угля, развития теплоэнергетики с созданием необходимой инфраструктуры.

Целью проведенных авторами исследований является оценка современного состояния наземных экосистем в зоне воздействия горных работ на территории Верхоянского района.

Объекты, методика и результаты исследования

Верхоянский район Якутии обладает обширной минерально-сырьевой базой и перспективным промышленным потенциалом. В районе находятся месторождения олова, сурьмы, золота, серебра, вольфрама, меди и других минеральных продуктов. Золото-содержащие объекты представлены месторождениями Кючус (золото, серебро), Сентачан (золото, сурьма), Кысылга (золото, сурьма), Вьюн (золото), Илнтас (медь, вольфрам, олово с попутным золотом). В настоящее время на территории района в стадию промышленного освоения включены 4 месторождения россыпного золота и одно комплексное золотосурьмянорудное месторождение. Кроме того, в данном районе имеются нарушенные горными разработками прошлых лет (1940–1975 гг.) участки, где остались в нерекультивированном состоянии отвалы горных пород, хвостохранилища и другие техногенные объекты.

Для оценки степени преобразования экосистем Верхоянского района при антропогенном воздействии авторами статьи проведены исследования на трех ландшафтных уровнях: региональном (по территории всего района); локально-региональном (по

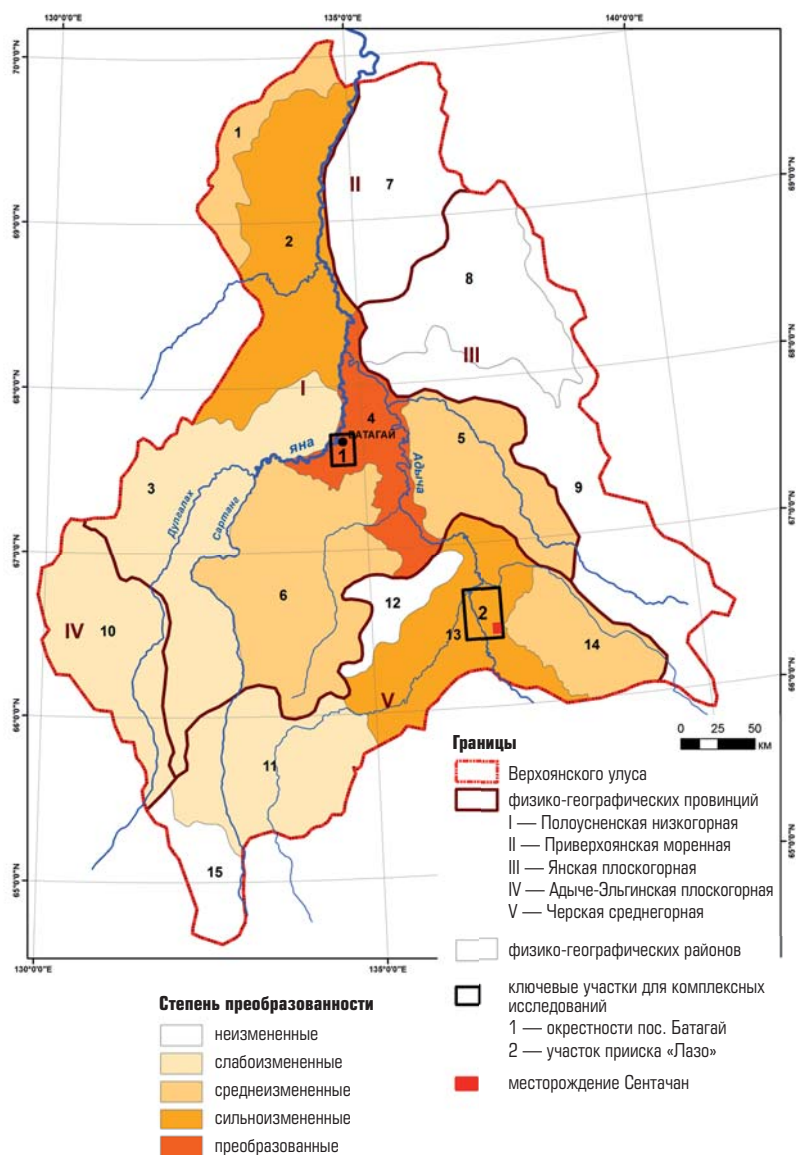


Рис. 1. Эколого-географическое районирование Верхоянского района

выбранным с наиболее концентрированной антропогенно-техногенной нагрузкой участкам) и локальном (по участку с наиболее характерной для отдельного локально-регионального уровня нагрузкой на экосистемы).

На локально-региональном уровне рассматриваются окрестности пос. Батагай и место прииска «Лазо», где сочетаются как промышленно-преобразованные участки, так и слабоизмененные территории; на локальном — участок разрабатываемого золото-сурьмяно-рудного месторождения Сентачан.

При составлении ландшафтных карт за основу была принята разработанная методика картографирования мерзлотных ландшафтов [8]. При работе над картами использовали данные полевых исследований, сопряженный анализ картографических источников, дешифрировка космических снимков и ГИС-технологии [9].

При картографировании, исследовании структуры и пространственной организации ландшафтов Верхоянского района изучали соотношения данных по рельефу, почвам и растительности. Образцы почв и грунтов были отобраны согласно ГОСТ 56-81-84. Химические анализы образцов выполнены стандартными методами [10]. Почвы техногенных ландшафтов в Якутии изучены слабо, процесс восстановления почвы был обследован в Мирнинском районе [11]. Геоботанические описания выполнены по общепринятым методам полевых исследований [12]. Для характеристики травяно-кустарничкового яруса использовали пятибалльную шкалу Б. М. Миркина [13].

Ниже приводятся результаты обследования территории района.

Региональный уровень

В пределах рассматриваемой территории выделяются следующие геоморфологические области, соответствующие крупным морфоструктурам: Янское плоскогорье, Сартано-Адычинское нагорье, хребты Черского и Полоустного. Основные формы рельефа возникли в результате тектонических движений и были сформированы главным образом в мезозое [14].

Территория Верхоянья характеризуется сложной природно-ландшафтной дифференциацией и располагается в пяти провинциях страны Северо-Восточной Сибири: Полоусненской низкогорной, Приверхоянской моренной, Янской плоскогорной, Адыче-Эльгинской плоскогорной и Черской среднегорной [15]. Данная территория делится на несколько частей, различных в морфоструктурном отношении. Это позволило выделить 15 физико-географических районов, которые входят в состав указанных провинций.

На региональном уровне проводится районирование по степени преобразованности природной среды — это самостоятельный вид эколого-географического районирования, основная задача которого заключается в выявлении территорий со сравнительно однородной интенсивностью антропогенного воздействия и создании на этой основе сетки эколого-географических районов. При разработке схемы районирования по степени преобразованности природной среды за основную единицу принят физико-географический район, обладающий близкой величиной уровня антропогенной нагрузки. Учет пространственной организации ландшафтов, степени антропогенной нагрузки, плотности населения, техногенного влияния, уязвимости ландшафтов на региональном уровне позволил создать модель эколого-географического районирования территории Верхоянского района (рис. 1) [16, 17].

Локально-региональный уровень

Окрестности пос. Батагай. В физико-географическом отношении исследуемая территория, которая включает участок бывшего

рудника «Эге-Хая», расположена в Янской плоскогорной провинции с преобладанием горно-редколесных природных комплексов сплошного распространения многолетнемерзлых пород.

Развитие и функционирование ландшафтов данной территории предопределено условиями северной тайги в долине р. Яны и горных редколесий Янского плоскогорья, сложенного в основном триасовыми породами.

Анализ ландшафтной карты локально-регионального уровня показывает, что наибольшую площадь на исследуемой территории занимают надпойменные террасы р. Яны с ерниками и пологонаклонные поверхности высоких террас р. Яны с лиственничными редколесьями с ерниковыми кустарничково-лишайниковыми — 16,5 и 10 %, соответственно.

Наименее измененными ландшафтными комплексами остаются ложбины стока горно-склонового типа местности, склоны средней крутизны и пологие склоны склонового типа местности, аласный и мелкодольный типы местности, а также пойма низкотеррасового типа местности.

Слабоизмененные ландшафты занимают наибольшую площадь — 44,7 % территории окрестностей пос. Батагай. Они представлены в основном надпойменными террасами р. Яны и межлаласным типом местности. Существенно измененные ландшафты представлены крутыми склонами и ложбинами стока. Склоны средней крутизны и пологие склоны, а также плоскогорно-привершинный тип местности являются наиболее измененными ландшафтами данной территории. Преобразованные или техногенные ландшафты занимают 12 % территории (рис. 2).

Наибольшая преобразованность территории связана в основном с функционированием пос. Батагай и разработкой оловоносного месторождения Эге-Хая в 1940–1973 гг. с соответствующей промышленно-транспортной инфраструктурой.

Рядом с пос. Батагай, в 300 м от протоки выше по рельефу, расположено хвостохранилище бывшей обогатительной фабрики № 418, которое в настоящее время представляет собой открытую техногенную залежь с общим объемом складированных отходов в 6 млн т и территорией в 1,5 км² (рис. 3). В основании ее размещены хвосты обогащения руды месторождения Эге-Хая. Это пески с повышенным содержанием свинца, цинка, кадмия, меди и серы. Верхнюю часть объекта слагают хвосты обогащения руд Кестерского месторождения. Это белые пески различных оттенков с уникальным спектром попутных компонентов. Официально в рудах месторождения установлено более 100 минералов. Из особо токсичных элементов в них установлены таллий, бериллий, уран (I класс опасности) [18]. В воде озера Куутээн, которое рас-

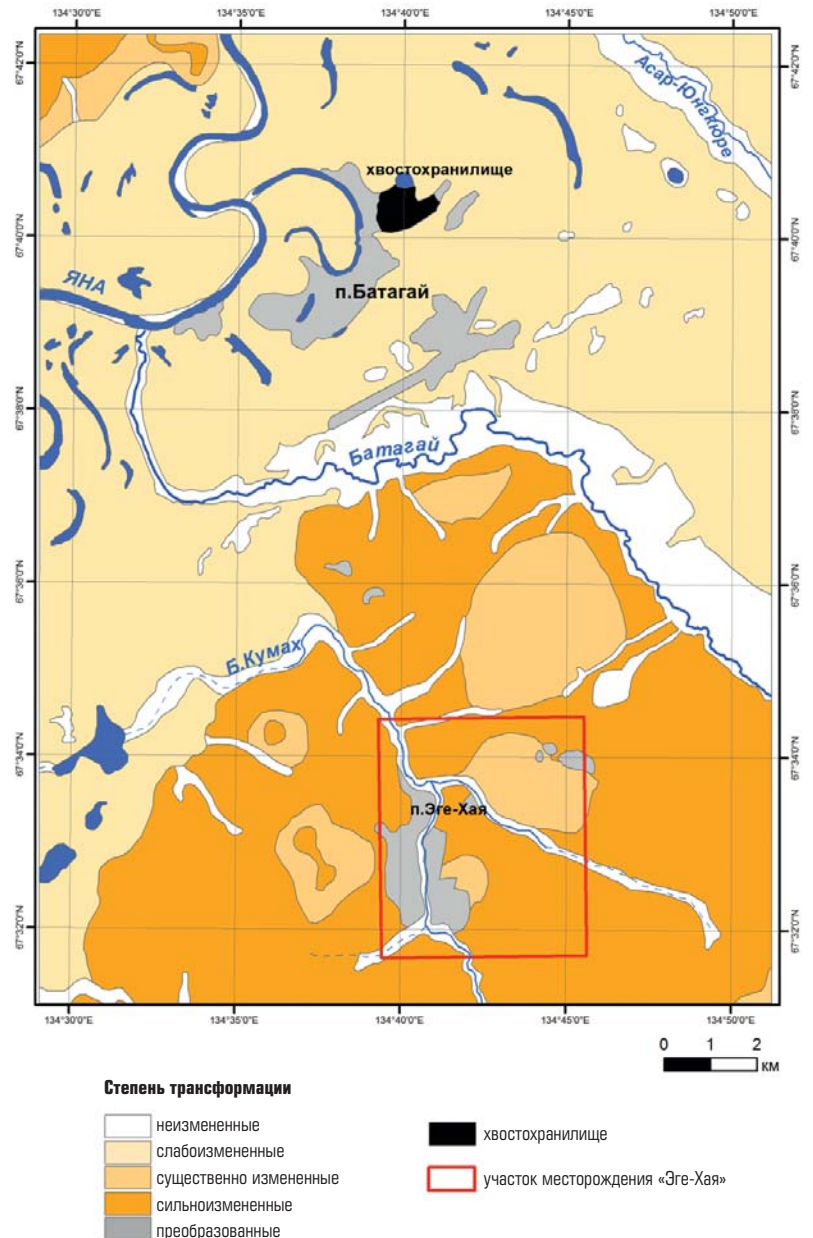


Рис. 2. Карта степени трансформации ландшафтов окрестностей пос. Батагай

положено в непосредственной близости от хвостохранилища, по данным Республиканского информационно-аналитического центра экологического контроля РС(Я), выявлено высокое содержание веществ I и II классов опасности (урана, таллия, бериллия, кадмия и лития) [18].

Исследование грунтов с поверхности хвостохранилища показало, что они практически неплодородны, отличаются малой плотностью состава. Реакция среды варьирует в пределах $pH = 3,2-6,5$, доля органического вещества незначительная. По содержанию токсичных солей встречаются «незасоленные» и «сильнозасоленные» грунты. Тип засоления «хлоридный», «хлоридно-сульфатный» и «сульфатный». По микроэлементному составу



Рис. 3. Общий вид хвостохранилища обогатительной фабрики у пос. Батагай

обнаружено некоторое превышение ПДК по свинцу (элемент I класса опасности), значительное превышение (более чем в 1,5 раза) по меди и кадмию (II класс опасности). По всей поверхности хвостохранилища лишь на отдельных участках наблюдается самозарастание ивой Шверина, иван-чаем, мятликом и вейником.

Расположение хвостохранилища в непосредственной близости от протоки р. Яна, с которой осуществляется водоснабжение пос. Батагай, и приведенные выше химико-аналитические данные подтверждают обеспокоенность населения и специалистов вероятностью попадания во время паводка и в летний период токсичных компонентов в речную сеть, в том числе и в водозабор технической воды. Для обеспечения экологической безопасности в месте расположения хвостохранилища необходимо провести безотлагательные мероприятия по водоснабжению населения из наиболее безопасных наземных (из р. Яна выше по течению от пос. Батагай) или подземных источников, разработать и реализовать проект по консервации хвостохранилища.

Формирование техногенных ландшафтов на территории месторождения Эге-Хая обусловлено результатом хозяйственной деятельности человека с началом разработки оловорудного месторождения. Нарушенные земли здесь представлены горными разработками рудника (карьеры и отвалы), дорогами и т. п. Антропогенному изменению в наибольшей степени подвергаются ландшафты пологих горных склонов. В целом в пределах данного участка техногенному воздействию подвержены ландшафты на площади около 4 км², или почти 14 % его территории.

Грунты территории рудника «Эгэ-Хая» представлены щебнистым и крупнообломочным материалом, содержание мелкозема незначительное. Реакция среды варьирует в пределах $pH = 3,6 \div 4,6$, содержание органического вещества незначительное. Встречаются «сильнозасоленные» грунты, тип засоления «хлоридный» или «сульфатный». По микроэлементному составу обнаружено превышение ПДК по меди. Самозарастание растительностью на техногенных площадках — от 5 до 10 %, где отмечены лиственница, ива Бебба, береза кустарниковая, береза тощая, багульник, брусника, иван-чай, осока, ячмень гривастый, полевица.

Территория прииска «Лазо». В физико-географическом отношении данная территория относится к Адыче-Эльгинской плоскогорной провинции с преобладанием горно-редколесных природных комплексов сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Развитие и функционирование ландшафтов территории предопределено в основном условиями горных редколесий долины р. Адыча и Сартано-Адычанского нагорья (Неньдельгинский хребет) на триасовых породах.

Анализ ландшафтной карты показывает, что наибольшую площадь на исследуемой территории занимают лишайниковые горные тундры на крутых горных склонах (25,7 % общей территории). Кроме того, значительные площади заняты подгольцовыми зарослями кедрового стланика на крутых и средней крутизны горных склонах (9,9 и 9,2 % соответственно).

Наибольшая преобразованность данной территории связана с разработками золотороссыпного месторождения Лазо с соответствующей промышленно-транспортной инфраструктурой. Нарушенная часть территорий представлена щебнистыми грунтами с малым содержанием мелкозема. Реакция среды этих грунтов колеблется в пределах $pH = 5 \div 6,9$, содержание гумуса достигает 1,7 %. Превышение ПДК по микроэлементам не зафиксировано. На техногенных площадках наблюдается самозарастание до 5 %. Произрастают единично лиственница, ива Шверина, ива сизая, береза тощая и другие виды.

Локальный уровень

Пространственный анализ ландшафтной карты участка месторождения Сентачан показал преобладание горно-склонового типа местности. Склоны средней крутизны занимают 29,3 % территории участка, крутые склоны — 27,9 %, а пологие склоны — 15 % соответственно.

Отработка россыпей золота послужила началом формирования техногенных ландшафтов на территории данного участка. В последующем освоение золотосурьмяно-рудного месторождения Сентачан привело к дальнейшему нарушению природных ландшафтов. Нарушенные земли здесь представлены горными разработками прииска и рудника (карьеры и отвалы), дорогами и т. п.

В наибольшей степени антропогенному изменению подвергаются ландшафты днища долин и ложбины стока горных рек. Днища долин мелких горных рек преобразованы на 60 % территории группы урочищ в пределах данного участка. В целом на участке антропогенному воздействию подверглись ландшафты на площади почти 3 км², или почти 10 % территории участка (рис. 4).

В естественных почвах участка, которые имеют слабое хлоридное засоление, зафиксировано небольшое превышение ПДК по свинцу. Грунты, нарушенные при добыче россыпного золота и сурьмяной руды, имеют кислую или слабокислую реакцию среды ($pH = 5,6-6,4$), слабо обеспечены органическими веществами (гумус — менее 2,4 %).

На участке распространено лиственничное редколесье березокустарниково-лишайниковое, лес угнетенный, вторичного возобновления; присутствуют следы рубок, пожаров. На отвалах преобладают злаково-бобовый и злаково-разнотравный типы растительности, покрытие ею составляет от 50 до 80 % в зависимости от экспозиции и возраста отвалов. В некоторых нарушенных местах растительность отсутствует полностью.

Заключение

В ходе обследования техногенных нарушений в Верхоянском районе выявлено, что наиболее серьезными социально-экологическими проблемами в окрестностях пос. Батагай являются потенциальная опасность попадания стоков и продуктов атмосферного рассеивания с поверхности близлежащего хвостохранилища в водные объекты. Для обеспечения экологической безопасности здесь рекомендуется организовать водоснабжение поселка из р. Яна выше по течению от пос. Батагай или из подземных источников (при условии исключения их техногенного загрязнения). Предлагается также разработать и реализовать проект по консервации хвостохранилища, который должен содержать: заключение об устойчивости ограждающих дамб; состав контрольных наблюдений мониторинга; мероприятия по организации перехвата (пропуска) поверхностного стока; обоснование необходимости поддержания водосборных и водоотводящих сооружений в работоспособном состоянии; технические решения по рекультивации хвостохранилища и т. д.

Для локального участка «Эге-Хая» с экологической точки зрения наиболее проблемными объектами являются отвалы горных пород и хвостохранилище, для которых рекомендовано составить проекты рекультивации природоохранного направления. На ло-

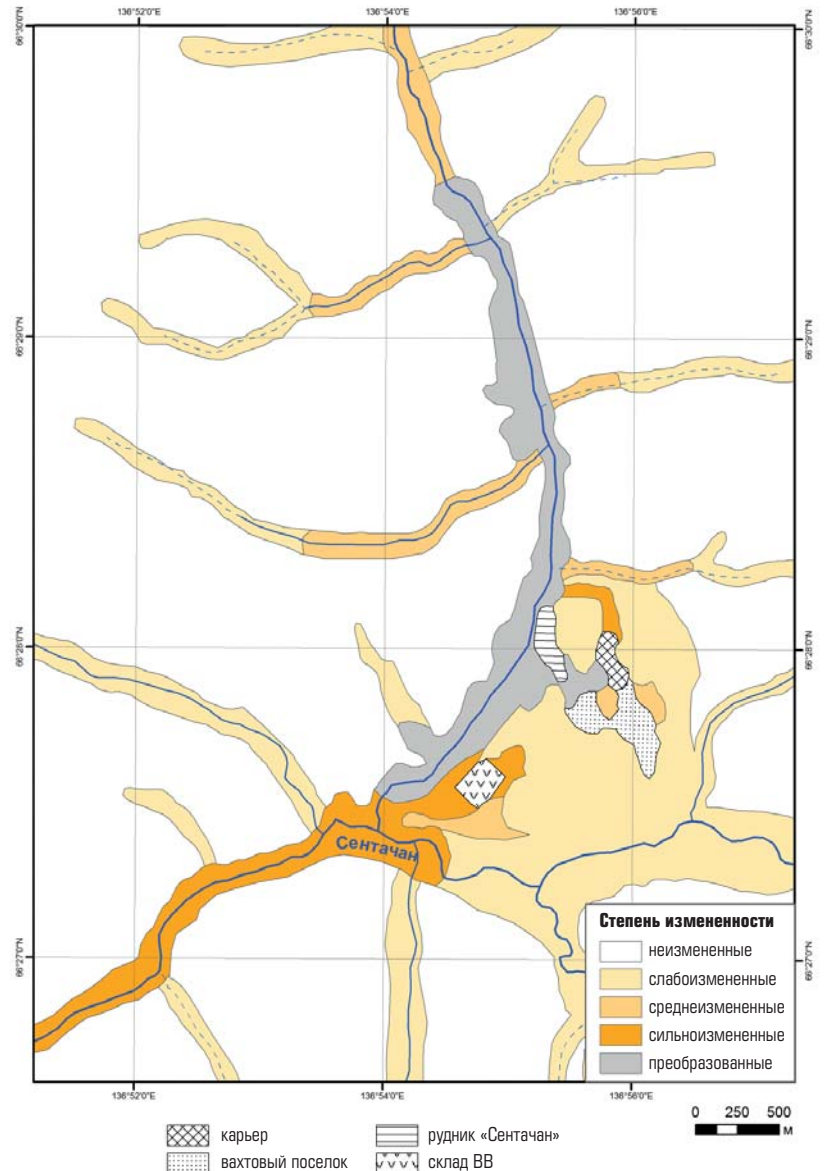


Рис. 4. Карта степени трансформации ландшафтов на участке месторождения Сентачан

кальном участке «Сентачан» в первую очередь необходимо минимизировать попадание загрязнителей (взвешенные и химические вещества, нефтепродукты и т. д.) в водные объекты путем исключения прямого сброса стоков в речную систему с учетом условий криолитозоны.

Методику и результаты обследования ландшафтов Верхоянского района, нарушенных горными работами, можно рассматривать в качестве основы для более широкого изучения экологических аспектов минерально-сырьевого природопользования на северо-востоке Якутии.

Библиографический список

1. Тумель Н. В., Зотова Л. И. Геоэкология криолитозоны. — М.: Географический факультет МГУ, 2014. — 244 с.
2. Булатов В. И. Мерзлота в ландшафтной сфере: вопросы теории // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2015. № 1. С. 20–25.
3. Romanovsky V. E., Drozdov D. S., Oberman N. G., Malkova G. V., Kholodov A. L., Marchenko S. S., Moskalenko N. G., Sergeev D. O., Ukraintseva N. G., Abramov A. A., Gilichinsky D. A., Vasiliev A. A. Thermal State of Permafrost in Russia // *Permafrost and Periglacial Process*. 2010. Vol. 21. P. 136–155.
4. Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. — Смоленск: Изд-во Смоленского гос. пед. ун-та, 1999. — 153 с.
5. Иванов В. В. Трансформация природных комплексов при недропользовании в условиях Якутии. — Новосибирск: Наука, 2015. — 248 с.
6. Brown T. S., Bergstrom J. C., Loomis J. B. Defining, valuing and providing ecosystem goods and services // *Natural Resources J.* 2007. Vol. 47. P. 329–369.
7. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being // *Synthesis Report*. Island Press, Washington, D. C., 2005. — 160 p.
8. Федоров А. Н. Мерзлотные ландшафты Якутии: методика выделения и вопросы картографирования. — Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1991. — 140 с.
9. Liu Yanga, Sun Jiuyuna. Study of the Integrated Environmental Monitoring in Mining Area Based on Image Analysis // *Procedia Engineering*. 2011. Vol. 21. P. 267–272
10. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. С. Методы исследования физических свойств почв. — М.: Агропромиздат, 1986.
11. Savvinov G. N., Danilova A. A., Petrov A. A., Danilov P. P. Properties of Young Soils in Dumps of Diamond Mining in the Western Yakutia // *Advances in Environmental Biology*. 2014. № 8(13) P. 419–424.
12. Миркин Б. М., Розенберг Г. С. Фитоценология. Принципы и методы. — М.: Наука, 1978. — 211 с.
13. Миркин Б. М. Теоретические основания классификации растительности методом Браун-Бланке // *Биол. науки*. 1989. № 10. С.18–27.
14. Якутия. — М.: Наука, 1965. — 167 с.
15. Мерзлотно-ландшафтная карта Якутской АССР. М-6 1:2 500 000 / отв. ред. П. И. Мельников. — М.: ГУГК СССР, 1989. — 2 л.
16. Большаник П. В., Игенбаева Н. О. Эколого-ландшафтное районирование Омского Прииртышья // *География и природные ресурсы*. 2006. № 3. С. 37–41.
17. Pavlickova K., Vyskupova M. A method proposal for cumulative environmental impact assessment based on the landscape vulnerability evaluation // *Environmental Impact Assessment Review*. 2015. Vol. 50. P. 74–84.
18. Олесова А. И., Неустров М. М. Загрязнение окружающей среды в результате аварийных ситуаций на территории Республики Саха (Якутия) за 7 месяцев 2013 года // *Экологический мониторинг. Ежеквартальный бюллетень*. № 4. Медиа-холдинг Якутия, 2013. С. 24–27. **ТХ**

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2016, № 9, pp. 109–114
doi: dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.09.22

Assessment of mining-induced impact on natural systems of the Verkhoyansk Region in the Republic of Sakha (Yakutia)

Information about authors

A. N. Gorokhov¹, Chief Researcher, Candidate of Biological Sciences, algor64@mail.ru

V. V. Ivanov¹, Chief Researcher, Candidate of Engineering Sciences

Z. A. Kudinova¹, Junior Researcher

A. A. Petrov¹, Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences

¹ Research Institute of Applied Ecology of the North, Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Abstract

The ecological conditions in the territory of the Verkhoyansk Region in the Republic of Sakha (Yakutia) are evaluated. The landscapes, soil and vegetable cover, and their ecological alteration under mineral mining are characterized. The landscape structure is examined at the basic levels of the ecological-geographical analysis of a territory: regional, local-regional and local. At the regional level, the ecological-geographical zoning of the area of the Verkhoyansk Region is implemented with respect to the rate of mining-induced transformation of the environment. The area of the Batagay settlement and Lazo placer mine is studied at the local-regional level. At the local level, the site of the mined-out tin ore deposit Ege-Khaya and the area around operating mine Sentachan are surveyed. Based on the data of the field research, joint analysis of cartographic sources, interpretation of satellite images and GIS data, the landscapes of the region under study were mapped at different scales. The application of the landscape mapping approach to assessing man-made transformation of terrestrial ecosystems and identifying ecological problems due to mining in the Verkhoyansk Region is discussed in the article. It is found that the heaviest mining-induced transformation in the region is connected with the effects of Ege-Khaya deposit mining, as well as with the impact of operating Lazo placer mine and Sentachan gold-antimony deposit and the corresponding production and transportation infrastructure.

Keywords: natural systems, landscape, landscape structure, landscape map, nature management, subsoil use, mining, disturbed land, impact on ecosystems, tailing storage.

References

1. Tume N. V., Zotova L. I. Geocology of the permafrost zone. Moscow: Faculty of Geography, Moscow State University, 2014. 244 p.

2. Bulatov V. I. Permafrost in landscape sphere: questions of theory. *Vestnik of VSU. Series: Geography. Geocology*. 2015. No. 1. pp. 20–25.
3. Romanovsky V. E., Drozdov D. S., Oberman N. G., Malkova G. V., Kholodov A. L., Marchenko S. S., Moskalenko N. G., Sergeev D. O., Ukraintseva N. G., Abramov A. A., Gilichinsky D. A., Vasiliev A. A. Thermal State of Permafrost in Russia. *Permafrost and Periglac*. 2010. Process. 21: 136–155.
4. Kochurov B. I. Geocology: ekodiagnosics and ecological-economic balance of the territory. Smolensk: Publishing House of the Smolensk State Pedagogical University Press, 1999. 153 p.
5. Ivanov V. V. The transformation of natural complexes in use of subsurface resources in the conditions of Yakutia. Novosibirsk: Nauka, 2015. 248 p.
6. Brown T. S., Bergstrom J. C., Loomis J. B. Defining, valuing and providing ecosystem goods and services. *Natural Resources Journal*. 2007. Vol. 47. pp. 329–369.
7. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being. *Synthesis Report*. Island Press, Washington, D. C., 2005. 160 p.
8. Fedorov A. N. Permafrost landscapes of Yakutia: the method of isolation and mapping issues. Yakutsk: Institute of Permafrost of the USSR, 1991. 140 p.
9. Liu Yanga, Sun Jiuyuna. Study of the Integrated Environmental Monitoring in Mining Area Based on Image Analysis. *Procedia Engineering*. 2011. Vol. 21. pp. 267–272
10. Vadyunina A. F., Korchagin Z. S. Research methods of soil physical properties. Moscow: Agropromizdat, 1986.
11. Savvinov G. N., Danilova A. A., Petrov A. A., Danilov P. P. Properties of Young Soils in Dumps of Diamond Mining in the Western Yakutia. *Advances in Environmental Biology*. 2014. No. 8(13). pp. 419–424.
12. Mirkin B. M., Rosenberg G. S. Phytocenology. Principles and methods. Moscow: Nauka, 1978. 211 p.
13. Mirkin B. M. The theoretical foundation of vegetation classification method of Brown-Blanke. *Biological sciences*. 1989. No. 10. pp. 18–27.
14. Yakutia. Moscow: Nauka, 1965. 167 p. (in Russian)
15. Permafrost-landscape map of the Yakut ASSR. M-1 b: 2 500 000. Ed. P. I. Melnikov. Moscow: GUGK USSR. 1989. 2 p.
16. Bolshani P. V., Igenbaeva N. O. Ecological-landscape regionalization of the Omsk Irtys. *Geography and natural resources*. 2006. No. 3. 37–41 pp.
17. Pavlickova K., Vyskupova M. A method proposal for cumulative environmental impact assessment based on the landscape vulnerability evaluation. *Environmental Impact Assessment Review*. 2015. Vol. 50. pp. 74–84.
18. Olesova A. I., Nesterov M. M. Environmental pollution as a result of emergency situations on the territory of the Republic of Sakha (Yakutia) in the last 7 months of 2013. *Environmental monitoring. Quarterly Bulletin*. No. 4. Media Holding Yakutia, 2013. 24–27 pp.